Iranian Journal of Animal Science Research
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

Research Paper
Vol. 14, No. 2, Summer 2022, p. 237-254

Effects of different levels of dietary fiber and fat on the growth performance of young broiler chicks using response surface methodology

Fatemeh Aziz Aliabadi[1], Ahmad Hassanabadi[2*], Abolghasem Golian[2], Saeed Zerehdaran[2]

Received: 07-05-2020 Revised: 19-09-2021 Accepted: 22-09-2021 Available Online: 14-09-2022	**How to cite this article:** Aziz Aliabadi, F., A. Hassanabadi, A. Golian and S. Zerehdaran. 2022. Effects of different levels of dietary fiber and fat on the growth performance of young broiler chicks using response surface methodology. Iranian Journal of Animal Science Research, 14(2):237-254. DOI: 10.22067/ijasr.2021.38291.0

Introduction This research was conducted to evaluate the effects of different levels of dietary fiber and fat on the growth performance of broiler chicks using the central composite design and response surface methodology at 1-7 d and 7-14 d of age. The response surface methodology is a set of statistical and mathematical methods that help the researcher in design of experiment within the incomplete factorial designs. In this method, the obtained data is converted into a mathematical model and the obtained model is optimized to determine the values of the input variables in order to achieve the best output.

Materials and Methods This study was carried out at the Research Farm, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. A total of 420 one-day-old Ross 308 male broiler chicks with average weights of 46.90 ± 1.03 g were randomly distributed into 60 battery brooder cages. The birds were assigned to 15 diets of CCD containing 3 levels of sugar beet pulp (SBP; 0.00, 1.75 and 3.5%), tallow (T; 0.00, 0.50 and 1.00%) and soybean oil (SO; 0.00, 0.50 and 1.00%), from 0 to 14 days of age. Diet samples were analyzed for neutral detergent fiber, acid detergent fiber and insoluble fiber. Soluble fiber was calculated from the difference of total crude fiber from its insoluble fraction. Fatty acids profiles of tallow and soybean oil were determined using gas chromatography. The average daily body weight gain (ADG) was calculated from the weight gain of birds in each cage. Feed conversion ratio (FCR) was corrected for mortality and represented as grams of feed consumed by all birds divided by grams of body weight gain. The experimental data (60 data lines) obtained by CCD were fitted to the second-order polynomial equation by Minitab 2017.

Results and Discussion The polynomial equation from raw experimental data for ADG (R^2 = 0.79; root MSE = 1.65) and FCR (R^2 = 0.88; root MSE = 0.14) at 7d of age was generated as follows:

ADG (g/bird) = 27.54 – 1.07 × SBP – 5.57 × T – 1.99 × SO – 0.17 × SBP × SBP + 1.95 × T × T + 1.77 × SO × SO – 0.45 × SBP × T – 0.05 × SBP × SO – 0.71 × T × SO

FCR= 0.87 – 0.03 × SBP + 0.38 × T – 0.08 × SO + 0.05 × SBP × SBP – 0.29 × T × T + 0.13 × SO × SO + 0.15 × SBP × T + 0.04 × SBP × SO + 0.002 × T × SO

The estimated parameters for SBP and T terms in the ADG model, and SBP, T, SO, SBP×SBP and SBP×T terms in the FCR model were significant. In the ADG and FCR models, the linear terms had higher contribution to explain existing variation in the response of the chicks. Maximum ADG was observed with diet containing 0.15% SBP, 0.00% T and 0.00% SO and minimum FCR was observed with diet containing 0.07% SBP, 0.00% T and 0.28% SO. The predicted ADG and FCR at the optimal points were 27.54 g/bird per day and 0.96, respectively. The coefficient estimates for ADG and FCR models and the corresponding absolute *t*-values showed that among the investigating nutrients and their interactions, the linear effect of dietary SBP the largest effect on ADG and FCR of chicks. Lack of fit for both ADG and FCR models was insignificant, showing that the observed data are in good agreement with

1, 2- PhD. student and professors of Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
*Corresponding Author Email: hassanabadi@um.ac.ir

the model. The polynomial equation from raw experimental data for ADG (R^2 = 0.78; root MSE = 3.60) and FCR (R^2 = 0.80; root MSE = 0.14) at 14d of age was generated as follows:
ADG (g/bird) = 52.50 – 7.81 × SBP – 26.01 × T + 14.37 × SO + 0.66 × SBP × SBP + 11.22 × T × T – 14.17 × SO × SO + 3.58 × SBP × T + 0.27 × SBP × SO – 3.46 × T × SO
FCR = 1.01 + 0.07 × SBP + 0.35 × T – 0.26 × SO + 0.02 × SBP × SBP – 0.10 × T × T + 0.26 × SO × SO + 0.03 × SBP × T + 0.03 × SBP × SO + 0.14 × T × SO
The estimated parameters for SBP, T, T×T, SO×SO and SBP×T terms in the ADG model, and SBP, T and SO terms in the FCR model were significant. In the ADG and FCR models, the linear terms had higher contribution to explain existing variation in the response of the chicks. Maximum ADG and minimum FCR were observed with diet containing 0.30% SBP, 0.00% T and 0.50% SO. The predicted ADG and FCR at the optimal points were 56.65 g/bird per day and 0.95, respectively. The coefficient estimates for ADG and FCR models and the corresponding absolute *t*-values show that among the investigating nutrients and their interactions, the linear effect of dietary SBP the largest effect on ADG and FCR of chicks. Lack of fit for both ADG and FCR models was significant, showing that a more complicated modeling method or other testing with extra variables should be made.

Conclusion Response surface model and central composite design were able to predict the relationships between the diet ingredients and the optimal point of them. At 1-7 d of age, maximum ADG was observed with diet containing 0.15% SBP, 0.00% T and 0.00% SO and minimum FCR was observed with diet containing 0.07% SBP, 0.00% T and 0.28% SO. At 7-14 d of age, maximum ADG and minimum FCR were observed with diet containing 0.30% SBP, 0.00% T and 0.50% SO. The predicted ADG and FCR at the optimal points were 56.65 g/bird per day and 0.95, respectively. The results of this experiment implied that with increasing age of the broilers and possibly the development of their gastrointestinal tract, the negative effects of soluble fiber are somewhat reduced and broilers will be able to better utilize fat sources.

Keywords: Broiler, Central composite design, Fat, Fiber, Response surface methodology

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
Homepage: https://ijasr.um.ac.ir/

مقاله پژوهشی

اثر سطوح مختلف فیبر خام و چربی جیره بر عملکرد جوجه‌های گوشتی جوان با استفاده از مدل رویه‌ی پاسخ

فاطمه عزیز علی آبادی[1]، احمد حسن آبادی[2*]، ابوالقاسم گلیان[2]، سعید زره‌داران[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۱۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۶/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۳۱

عزیز علی آبادی، ف.، ا. حسن آبادی، ا. ق. گلیان و س. زره داران. ۱۴۰۱. اثر سطوح مختلف فیبر خام و چربی جیره بر عملکرد جوجه های گوشتی جوان با استفاده از مدل رویه ی پاسخ. پژوهشهای علوم دامی ایران ۱۴(۲):۲۵۴-۲۳۷.

چکید

این مطالعه به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف تفاله‌ی چغندر قند (صفر، ۱/۷۵ و ۳/۵ درصد)، پیه گاو (صفر، ۰/۵ و ۱ درصد) و روغن سویا (صفر، ۰/۵ و ۱ درصد) بر عملکرد جوجه‌های گوشتی جوان با استفاده از طرح مرکب مرکزی و مدل رویه‌ی پاسخ (RSM) در دو دوره‌ی سنی ۷-۱ و ۱۴-۷ روزگی انجام شد. تعداد ۴۲۰ قطعه جوجه‌ی گوشتی یک‌روزه سویه‌ی راس ۳۰۸، به‌طور تصادفی به ۶۰ قفس متابولیکی (در هر قفس ۷ قطعه جوجه) اختصاص داده شد. نتایج مدل‌های رویه‌ی پاسخ نشان داد که در سن ۷ روزگی فقط اثر خطی و در سن ۱۴ روزگی هر سه اثر خطی، توان دوم و اثرات متقابل فاکتورهای تحت بررسی برای دو صفت میانگین افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی تأثیر معنی‌داری داشتند. بیشترین افزایش وزن روزانه‌ی جوجه‌ها در دوره‌ی سنی ۷-۱ روزگی با تغذیه‌ی ۰/۱۵ درصد تفاله‌ی چغندر قند، صفر درصد پیه گاو و صفر درصد روغن سویا و کم‌ترین ضریب تبدیل غذایی با تغذیه‌ی ۰/۰۷ درصد تفاله‌ی چغندر قند، صفر درصد پیه گاو و ۰/۲۸ درصد روغن سویا به دست آمد. در دوره‌ی سنی ۱۴-۷ روزگی بیشترین افزایش وزن روزانه و کم‌ترین ضریب تبدیل غذایی مربوط به جیره‌ی غذایی حاوی ۰/۳ درصد تفاله‌ی چغندر قند، صفر درصد پیه و ۰/۵ درصد روغن سویا بود. نتایج آزمایش نشان داد که طرح مرکب مرکزی و مدل رویه‌ی پاسخ، کارآیی لازم برای توصیف روابط میان سطوح مختلف تفاله‌ی چغندر قند، پیه گاوی و روغن سویا و توانایی پیش بینی نقطه‌ی بهینه‌ی سطح هر ماده‌ی خوراکی به منظور رسیدن به بهترین عملکرد را دارد.

واژه‌های کلیدی: جوجه‌ی گوشتی، چربی، فیبر، طرح مرکب مرکزی، مدل رویه‌ی پاسخ.

مقدمه

فیبر از مهم‌ترین بخش‌های تشکیل دهنده‌ی جیره‌های طیور است. برخی از اثرات سودمند فیبر شامل کاهش تراکم انرژی جیره و پیشگیری از بیماری‌های متابولیکی (Mateos *et al*., 2012)، کاهش و درمان بیماری‌های روده‌ای (Mateos *et al*., 2012)، تحریک جریان طبیعی خوراک در دستگاه گوارش (Rezaei *et al*., 2012) و کمک به توسعه‌ی آن (Mateos *et al*., 2002) می‌باشد. در عین حال، در کنار مزایای ذاتی فیبر، گنجاندن مقادیر زیادی از پلی ساکاریدهای غیر قابل هضم (یا با قابلیت هضم پایین) در جیره‌ی جوجه‌های گوشتی ممکن است باعث اختلال درکنترل انرژتیک مصرف خوراک (Voelker and Allen, 2003) و اختلال در متابولیسم چربی (Sklan *et al*., 2003) به دلیل تأثیر فیبر جیره بر بازچرخش روده‌ای-کبدی نمک‌های صفراوی و دفع کلسترول (Kongo-Dia-Moukala *et al*., 2011) گردد. تفاله‌ی چغندر قند[3] بعد از استخراج شکر از چغندر باقی می‌ماند که حاوی تقریباً ۴۰۰ گرم

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری تغذیه طیور و استادان گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: hassanabadi@um.ac.ir
DOI: 10.22067/ijasr.2021.38291.0

3- Sugar beet pulp (SBP)

در کیلوگرم فیبر نامحلول در شوینده‌ی خنثی و ۲۵۰ گرم در کیلوگرم پکتین (به عنوان فیبر محلول) است (Villaverde *et al*., 2004). گزارش شده است که تفاله‌ی چغندر دارای ۹/۶-۱/۷ درصد پروتئین خام، ۰/۰۸-۰/۰۵ درصد فسفر، ۱/۳-۰/۷ درصد کلسیم، و تقریبا ۳۵/۸ درصد فیبر می‌باشد (Arosemena *et al*., 1995). تفاله‌ی چغندر قند به دلیل داشتن پکتین، با ایجاد چسبندگی و نگهداری آب در دستگاه گوارش می‌تواند منجر به تولید مدفوع مرطوب و چسبنده شود (Jozefiak *et al*., 2006).

یکی از عملی‌ترین روش‌ها برای افزایش تراکم انرژی در جیره-های طیور استفاده از چربی‌ها و روغن‌ها می‌باشد (Mossami, 2011). چربی حیوانی به ویژه پیه[1]، عمدتاً حاوی اسیدهای چرب اشباع بوده و اکثراً حاوی تری گلیسیریدها و به مقدار کمتری اسیدهای چرب آزاد می‌باشد (Bartov, 1987). روغن سویا[2] در مقایسه با پیه تعداد بیشتری اسیدهای چرب دارای پیوند دوگانه دارد که به همین دلیل، در معرض اکسیداسیون بیشتری قرار دارد. روغن سویا غنی از اسید لینولئیک است که مهم‌ترین عضو خانواده‌ی اسیدهای چرب نوع امگا-۶ محسوب می‌شود.گزارش شده است که جوجه‌های تغذیه شده با پیه، دارای سطح پایین‌تری از پراکسیداسیون لیپید بودند (Hosseini-Vashan *et al*., 2014). تأثیر فیبرهای محلول بر کاهش ابقای چربی در بدن جوجه‌های گوشتی با افزودن پنتوزان‌های محلول به جیره‌ی آن‌ها مورد تأیید قرار گرفته است؛ به-طوری که هم‌گام با افزایش چسبندگی محتویات روده، قابلیت هضم ظاهری چربی کاهش می‌یابد (Endy *et al*., 1989; Nemati *et al*., 2006).

بررسی نحوه و میزان اثرگذاری مواد مغذی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی به نوع آزمایش طراحی شده و روش‌های آماری مورد استفاده، نیز وابسته است (Ahmadi and Golian, 2011). روش رویه‌ی پاسخ[3] مجموعه‌ای از روش‌های آماری و ریاضی است که پژوهش‌گر را در طراحی یک آزمایش در چهارچوب طرح‌های فاکتوریل ناقص، که شامل فرآیند خاص و متفاوت با روش‌های طرح‌های فاکتوریل کامل است، تبدیل داده‌های به‌دست آمده به مدل ریاضی و بهینه-سازی مدل به‌دست آمده برای تعیین مقادیر متغیرهای ورودی به-منظور رسیدن به بهترین خروجی یاری می‌کند (Hanrahan and Lu, 2006). اگر نیاز به ارزیابی چندین عامل به‌طور هم‌زمان باشد، این روش مدلی مناسب است، چون شامل مجموعه‌ای سودمند از روش‌های آماری برای بررسی پاسخ‌های به دست آمده به منظور یافتن راه حل‌های کارآمد و سودمند (Box *et al*., 1987) و کاهش هزینه‌های پژوهش است (Myers and Montgomery, 2009).

طرح مرکب مرکزی[4](CCD) می‌تواند جایگزینی مناسب برای طرح فاکتوریل باشد که توسط باکس و همکاران (Box *et al*., 1987) اصلاح شده است. مزیت استفاده از طرح مرکب مرکزی نسبت به طرح فاکتوریل، امکان دستیابی به اطلاعات بیشتر و تعداد کمتر تیمار و تکرارهای موردنیاز جهت اجرای آزمایش و همچنین تعیین ترکیب-های مختلف متغیر مستقل در آزمایش، می‌باشد (Aslan, 2007). هدف از پژوهش حاضر استفاده از طرح مرکب مرکزی برای بررسی اثرات سطوح مختلف فیبر و چربی جیره بر عملکرد جوجه‌های گوشتی جوان و بهینه سازی این متغیرها با استفاده از روش رویه‌ی پاسخ بود.

مواد و روش‌ها

شرایط و استانداردهای پرورشی استفاده شده در این آزمایش بر اساس مصوبه کمیته اخلاق حیوانات دانشگاه فردوسی مشهد بود. به-منظور بررسی اثرات فیبر و چربی جیره بر میانگین افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی جوجه‌های گوشتی در سن ۷ و ۱۴ روزگی از طرح مرکب مرکزی با ۱۵ تیمار آزمایشی (در شرایطی که آزمایش فاکتوریل کامل نیازمند ۲۷ تیمار بود) شامل سه عامل و سه سطح در هر عامل مطابق جداول ۱ و ۲ استفاده شد. تعداد تیمارهای طراحی شده در طرح مرکب مرکزی با استفاده از معادله‌ی k^2+2k+r محاسبه شد (Box *et al*., 1987). در این معادله، k تعداد فاکتورهای مورد مطالعه و r تعداد تکرار نقطه‌ی مرکزی است. تعداد ۴۲۰ قطعه جوجه‌ی گوشتی یک روزه سویه‌ی راس ۳۰۸ با میانگین وزنی ۱/۰۳±۴۶/۹۰ گرم به‌طور تصادفی به ۶۰ قفس متابولیکی واقع در سالن تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اختصاص داده شدند. تعداد ۱۵ جیره‌ی آزمایشی بر پایه‌ی ذرت-سویا با انرژی قابل متابولیسم و پروتئین خام یکسان از سن صفر تا ۱۴ روزگی مطابق توصیه‌ی راهنمای پرورش سویه‌ی راس ۳۰۸ (Ross 308, 2014) تنظیم شد (جدول ۳). ترکیب شیمیایی جیره‌ها در جدول ۴ نشان داده شده است. جیره‌های آزمایشی به‌منظور اندازه‌گیری میزان فیبر نامحلول در شوینده‌ی خنثی[5] (Mertens *et al*., 2002) و فیبر نامحلول در شوینده‌ی اسیدی[6]، کل فیبر خام جیره[7]، فیبر نامحلول[8] و فیبر محلول[9] آنالیز شدند (AOAC, 2005)؛ فیبر محلول از تفاوت کل فیبر خام جیره از بخش نامحلول آن محاسبه شد.

1- Tallow (T)
2- Soybean oil (SO)
3- Response surface methodology (RSM)

4- Central composite design
5- Neutral detergent fiber (ADF)
6- Acid detergent fiber (ADF)
7- Total dietary fiber (TDF)
8- Insoluble fiber
9- Soluble fiber

جدول ۱- سطوح مختلف تفاله‌ی چغندر قند، پیه گاوی و روغن سویا در جیره‌های آزمایشی بر اساس طرح مرکب مرکزی در جوجه‌های گوشتی از سن ۱ تا ۱۴ روزگی.

Table 1- Different level of Sugar beet pulp (SBP), Tallow (T) and Soybean oil (SO) in experimental diets prepared according to a central composite design in broiler chicks from 1 to 14 d of age.

فاکتور، ٪ از جیره Item (% of diet)	سطوح Level		
	1	0	-1
تفاله چغندر قند Sugar beet pulp (SBP)	3.50	1.75	0.00
پیه گاوی Tallow (T)	1.00	0.50	0.00
روغن سویا Soy bean oil (SO)	1.00	0.50	0.00

اسیدهای چرب عمده‌ی موجود در نمونه‌های روغن سویا و پیه گاوی مورد استفاده در این پژوهش، قبل از مخلوط کردن با جیره‌ها با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی[1] آنالیز شدند (جدول ۵). دمای سالن پرورش جوجه‌ها در سن یک‌روزگی در ۳۳ درجه‌ی سانتی‌گراد تنظیم شد و هر روز ۰/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد از آن کاسته شد در هفته‌ی اول پرورش از برنامه‌ی نوری ۲۳ ساعت روشنایی و یک ساعت تاریکی و از هفته‌ی دوم به بعد، از برنامه‌ی نوری ۱۸ ساعت روشنایی و ۶ ساعت تاریکی استفاده شد. آب و خوراک به‌طور آزاد در اختیار جوجه‌ها قرار گرفت.

مقدار خوراک مصرفی در انتهای هر دوره (۷ و ۱۴ روزگی) در هر واحد آزمایشی (قفس) اندازه‌گیری شد. به این صورت که دان باقی مانده در هر دان خوری از مقدار دان ریخته شده در طول دوره برای آن واحد آزمایشی کسر و مقدار خوراک مصرفی دوره محاسبه شد. با توجه به اینکه در برخی واحدهای آزمایشی در طول دوره تلفات وجود داشت، محاسبه‌ی دقیق خوراک مصرفی بر اساس روز مرغ در هر واحد آزمایشی انجام شد. میزان افزایش وزن جوجه‌ها در هر دوره‌ی زمانی از تفاضل میانگین وزن در ابتدا و انتهای دوره و با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{میانگین افزایش وزن روزانه} = \frac{(\text{وزن زنده کل پرندگان در پایان دوره}+\text{وزن تلفات})-(\text{وزن زنده کل پرندگان در آغاز دوره})}{\text{روز مرغ}}$$

روز مرغ نیز مطابق رابطه‌ی زیر محاسبه گردید:

(تعداد روزهای زنده‌مانی مرغ‌های تلف شده) + (تعداد روزهای دوره × تعداد مرغ زنده در پایان دوره)= روز مرغ

پس از محاسبه‌ی میانگین خوراک مصرفی و میانگین افزایش وزن روزانه (ADG)، میانگین ضریب تبدیل غذایی (FCR)[2] برای هر واحد آزمایشی از تقسیم کردن خوراک مصرفی در دوره‌ی آزمایشی بر افزایش وزن بدن در آن دوره محاسبه شد.

تجزیه‌ی آماری

در این آزمایش، از استانداردترین و معمول‌ترین نوع مدل در روش رویه‌ی پاسخ یعنی معادله‌ی چند جمله‌ای توان دوم استفاده شد. معادله‌ی خام به فرم زیر بود (Box *et al*., 1987):

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k}\beta_i x_i + \sum\sum_{i<j}\beta_{ij}x_i x_j + \sum_{i=1}^{k}\beta_{ii}{x_i}^2 + \varepsilon$$

در این معادله، y، پاسخ مورد بررسی یا خروجی مدل (ADG و FCR)، k، تعداد متغیرهای ورودی (k= ۳)، x_i و x_j، متغیرهای ورودی (شامل تفاله‌ی چغندر قند، پیه گاوی و روغن سویا)، β_0، عرض از مبداء، β_i، ضریب رگرسیون خطی صفت بر متغیر مورد بررسی، β_{ij}، ضریب اثر متقابل بر متغیر مورد بررسی، β_{ii}، ضریب توان دوم بر متغیر مورد بررسی و ε میزان باقی مانده‌ی مدل است. به منظور تعیین سطوح بهینه از روش رویه‌ی پاسخ استفاده شد. نتایج حاصل از آزمایش بهینه‌سازی طرح مرکب مرکزی به عنوان متغیر وابسته در برازش مدل توان دوم با استفاده از نرم افزار مینی تب ۲۰۱۷ مورد استفاده قرار گرفت. از جدول تجزیه‌ی واریانس به‌منظور رتبه بندی متغیرها (SBP، T، SO) از نظر اهمیت آن‌ها بر خروجی مدل، استفاده شد. هر کدام از اجزا (خطی، توان دوم و اثر متقابل) که قدر مطلق t محاسبه شده‌ی بیشتری داشتند، از اهمیت بیشتری در خروجی مدل برخوردار بودند. از مقادیر عدم برازش برای سازگاری داده‌ها با مدل مربوطه استفاده شد؛ به طوری که معنی‌دار نبودن آن نشان دهنده‌ی توافق مناسب داده‌ها با مدل خود و معنی‌دار بودن آن نشان می‌دهد که روش‌های مدل‌سازی پیچیده‌تر و یا متغیرهای آزمایشی بیشتری برای رسیدن به نتایج دقیق‌تر نیاز است.

1- Gas Chromatography
2- Feed conversion ratio

جدول ۲- مقادیر جیره‌ای تفاله‌ی چغندر قند (SBP)، پیه گاوی (T) و روغن سویا (SO) در جیره‌های آزمایشی مطابق طرح مرکب مرکزی (سه سطح، سه فاکتور) و پاسخ‌های آزمایشی برای ADG و FCR در جوجه‌های گوشتی از سنین ۷-۱ و ۱۴-۷ روزگی.

Table 2- Sugar beet pulp (SBP), Tallow (T) and Soybean oil (SO) concentrations in experimental diets prepared according to a central composite design (3 levels, 3 factors) and corresponding experimental response values for ADG and FCR of broiler chicks from 1-7 d and 7-14 d of age.

شماره تیمار Treatment number	تکرار Replications	فاکتورها (٪ جیره) Factors (% of diet)			پاسخ‌های آزمایشی (۷-۱ روزگی) Experimental response (1 to 7d)				پاسخ‌های آزمایشی (۱۴-۷ روزگی) Experimental response (7 to 14d)			
		SBP	T	SO	میانگین افزایش وزن روزانه (گرم/پرنده) ADG (g/bird per d)	±SD[1]	ضریب تبدیل غذایی FCR	±SD	میانگین افزایش وزن روزانه (گرم/پرنده) ADG (g/bird per d)	±SD	ضریب تبدیل غذایی FCR	±SD
1	18	1.75	0.50	0.50	21.38	1.74	1.26	0.19	34.90	2.91	1.43	0.13
2	3	3.50	1.00	0.00	16.30	1.03	2.09	0.11	31.70	3.37	1.92	0.32
3	3	0.00	0.00	1.00	27.22	0.87	0.89	0.07	50.59	1.90	1.06	0.05
4	3	3.50	1.00	1.00	14.61	0.62	2.29	0.06	29.54	2.42	2.23	0.45
5	3	0.00	1.00	1.00	22.30	0.38	1.02	0.02	33.65	1.79	1.41	0.007
6	3	1.75	0.00	0.50	22.88	1.17	1.16	0.08	50.73	3.57	1.15	0.09
7	3	0.00	1.00	0.00	22.93	1.19	1.05	0.04	37.26	2.77	1.31	0.08
8	3	0.00	0.50	0.50	25.81	3.67	0.96	0.05	50.69	3.64	1.03	0.02
9	3	1.75	0.50	0.00	22.55	0.20	1.15	0.05	36.45	2.94	1.36	0.23
10	3	1.75	1.00	0.50	22.22	0.13	1.24	0.20	34.20	0.59	1.50	0.04
11	3	3.50	0.00	0.00	22.10	0.54	1.41	0.02	32.65	2.16	1.58	0.07
12	3	1.75	0.50	1.00	22.46	0.24	1.46	0.04	35.79	1.60	1.48	0.04
13	3	3.50	0.00	1.00	21.98	0.38	1.55	0.08	33.45	0.23	1.64	0.04
14	3	0.00	0.00	0.00	28.01	1.20	0.85	0.03	50.23	0.54	1.00	0.04
15	3	3.50	0.50	0.50	17.22	0.27	1.92	0.09	32.69	0.53	1.82	0.08

[1] Standard Deviation

[1] انحراف معیار

جدول ۳- اجزای جیره‌های آزمایشی.

Table 3- Composition of the experimental diets.

اجزای جیره (٪) Ingredient (% as-fed basis)	تیمارها Treatments														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ذرت Corn	57.91	57.96	57.87	55.11	55.60	58.99	58.53	58.21	59.39	56.84	60.11	56.38	57.29	60.82	57.62
کنجاله سویا، ۴۴٪ پروتئین Soybean meal, 44% CP	27.47	27.07	27.87	27.77	28.26	27.26	27.61	27.76	27.16	27.69	26.61	27.76	27.32	27.22	27.20
گلوتن ذرت، ۶۲٪ پروتئین Corn gluten, 62% CP	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
دی کلسیم فسفات Dicalcium phosphate	1.94	1.93	1.94	1.94	1.94	1.93	1.94	1.94	1.93	1.94	1.93	1.94	1.94	1.94	1.93
سنگ آهک Limestone	1.02	0.99	1.05	0.99	1.04	1.02	1.04	1.04	1.02	1.01	0.99	1.01	0.99	1.05	0.99
روغن سویا Soybean oil	0.50	0.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	1.00	1.00	0.00	0.50
پیه گاوی Tallow	0.50	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.50	0.50	1.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.50
تفاله چغندر قند Sugar beet pulp	1.75	3.50	0.00	3.50	0.00	1.75	0.00	0.00	1.75	1.75	3.50	1.75	3.50	0.00	3.50
ماسه Sand	2.05	0.70	3.40	1.83	4.30	1.70	3.03	3.20	1.40	2.40	0.00	2.80	1.10	2.10	0.90
مکمل ویتامینه و مواد معدنی[1] Vitamin and mineral premix[1]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
ال- لیزین هیدروکلرید L-Lys HCl	0.49	0.49	0.49	0.48	0.48	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.50	0.48	0.49	0.50	0.49
دی ال- متیونین DL-Met	0.31	0.31	0.32	0.32	0.32	0.31	0.31	0.31	0.31	0.32	0.31	0.32	0.31	0.31	0.31
ال- ترئونین L-Thr	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.17	0.16
سدیم بیکربنات $NaHCO_3$	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
نمک طعام Salt (NaCl)	0.25	0.24	0.25	0.25	0.25	0.24	0.24	0.24	0.24	0.25	0.24	0.25	0.25	0.24	0.25

[1] مقادیر به ازای هر کیلوگرم جیره: ویتامین A (ترانس ـ رتینیل استات)، ۱۲۵۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین $D_۳$ (کوله کلسیفرول)، ۵۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E (دی ال ـ آلفا توکوفریل استات)، ۸۰ واحد بین المللی ؛ ویتامین K (منادیون)،۳/۲ میلی‌گرم؛ تیامین، ۳/۲ میلی‌گرم؛ ریبوفلاوین، ۸/۶ میلی‌گرم؛ پیریدوکسین، ۴/۸۶ میلی‌گرم؛ ویتامین $B_{۱۲}$ (سیانوکوبالامین)، ۰/۰۲ میلی‌گرم؛ نیاسین، ۶۲/۵۱ میلی‌گرم؛ پنتوتنیک اسید (دی‌کلسیم پنتوتنات)، ۱۸/۶ میلی‌گرم؛ فولیک اسید، ۲/۲ میلی‌گرم؛ بیوتین، ۰/۲۵ میلی‌گرم؛ اتوکسی کوئین (آنتی اکسیدانت)، ۲/۵ میلی‌گرم. مقادیر به ازای هر کیلوگرم جیره: آهن، ۲۰/۲۳ میلی‌گرم؛ منگنز، ۱۲۰ میلی‌گرم؛ روی، ۱۱۰ میلی گرم؛ مس، ۱۶ میلی‌گرم؛ ید، ۱/۲۵۲ میلی‌گرم؛ سلنیوم، ۰/۳۰ میلی‌گرم.

[1]Provided the following (per kg of diet): vitamin A (trans-retinyl acetate), 12500 IU; vitamin D_3 (cholecalciferol), 5000 IU; vitamin E (D L-α tocopherol acetate), 80 IU ; vitamin K (menadione), 3.20 mg; riboflavin, 8.6 mg; pantothenic acid (D-Ca pantothenate), 18.6 mg; pyridoxine (pyridoxine-HCl), 4.86 mg; thiamin, 3.2 mg; vitamin B_{12} (cyanocobalamin), 0.02 mg; biotin, 0.25 mg; folic acid, 2.2 mg; nicotinic acid, 62.51 mg; ethoxyquin (antioxidant), 2.5 mg. Fe, 20.23 mg; Zn, 110 mg; Mn, 120 mg; Cu, 16 mg; I, 1.25 mg; Se, 0.30 mg.

نتایج و بحث

میانگین افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی جوجه‌ها در سن ۱ الی ۷ روزگی

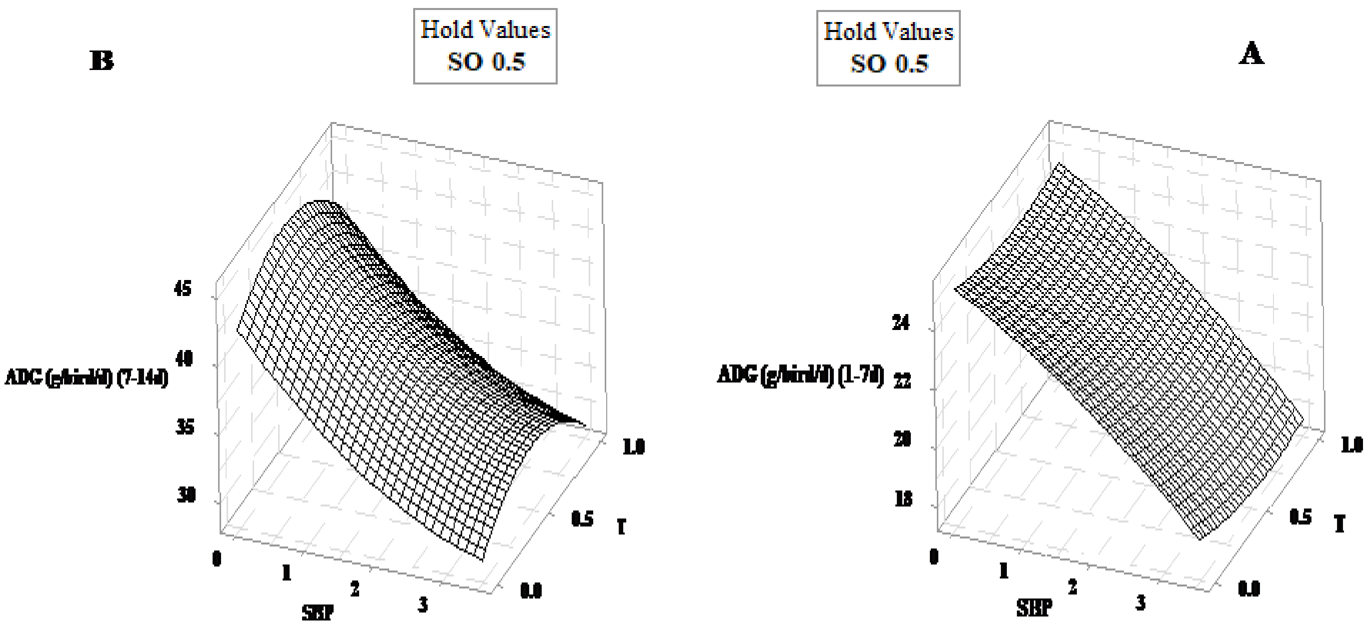
محتوای تفاله‌ی چغندر قند، پیه و روغن سویای جیره‌های آزمایشی که بر طبق طرح مرکب مرکزی آماده‌سازی شده بودند، به همراه عملکرد مربوط به آن‌ها در جدول ۲ گزارش شده است. اولین مرحله از آنالیزهای بر پایه‌ی رویه‌ی پاسخ، برآورد ضرایب تابعیت مدل‌های چند جمله‌ای توان دوم از طریق برازش داده‌های به‌دست آمده از آزمایش طرح مرکب مرکزی بود. مدل چند جمله‌ای برازش داده شده بر داده‌های آزمایشی برای میانگین افزایش وزن روزانه‌ی جوجه‌ها (R^2 =۰/۷۹، ریشه‌ی میانگین مربعات خطا =۱/۶۵) و ضریب تبدیل غذایی (R^2 =۰/۸۸، ریشه‌ی میانگین مربعات خطا =۰/۱۴) در دوره‌ی ۱ الی ۷ روزگی به صورت زیر بود:

۱) میانگین افزایش وزن روزانه (گرم/پرنده)= ۲۷/۵۴ − ۱/۰۷ × SBP − ۵/۵۷ × T − ۱/۹۹ × SO − ۰/۱۷ × SBP × SBP

+ ۱/۹۵ × T × T + ۱/۷۷ × SO × SO – ۰/۴۵ × SBP × T –
۰/۰۵ × SBP × SO – ۰/۷۱ × T × SO

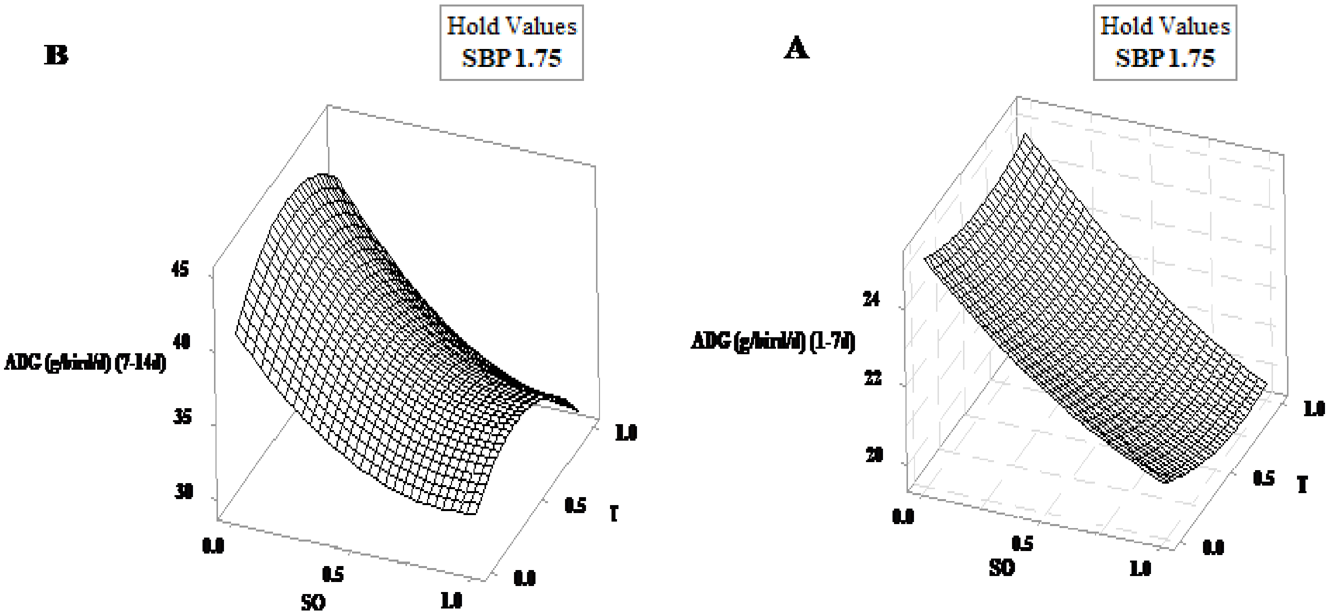
ضریب تبدیل غذایی (۲ =۰/۸۷ – ۰/۰۳ SBP × + ۰/۳۸– T ×
۰/۰۸ SO × + ۰/۰۵ – SBP × SBP × ۰/۲۹ T × T × + ۰/۱۳ ×
SO × SO+ ۰/۱۵ T × SBP × + ۰/۰۴ SO × SBP ×
+ ۰/۰۰۲SO × T ×

با توجه به جدول ۶، در مدل برازش داده شده برای صفت افزایش وزن روزانه (معادله ۱)، اجزای SBP و T و در مدل برازش شده برای صفت ضریب تبدیل غذایی پارامترهای برآورد شده برای اجزای SBP، T، SO، SBP×SBP و SBP×T در سطح ۱ درصد معنی‌دار بودند (P<۰/۰۱). بررسی نکوئی برازش بر اساس مقدار ضریب تعیین (R^2) نشان داد که تقریباً به ترتیب ۸۰ و ۹۰ درصد از واریانس موجود در صفت افزایش وزن روزانه و مدل ضریب تبدیل غذایی توسط متغیرهای ورودی و مدل چند جمله‌ای توجیه شده است. میزان مشارکت انواع اثرات خطی، توان دوم و متقابل در R^2 مدل در جدول ۷ نشان داده شده است. در صفت افزایش وزن روزانه‌ی جوجه‌ها، اجزای مربوط به اثرات خطی (R^2=۰/۷۷) بخش قابل توجهی از R^2 مدل را تبیین می‌کردند؛ در حالی که اجزای توان دوم (R^2=۰/۰۱) و متقابل (R^2=۰/۰۱) نقش بسیار کمی داشتند. در مورد صفت ضریب تبدیل غذایی نیز، بیشترین مشارکت را اجزای خطی (R^2=۰/۷۸) و پس از آن به ترتیب اثرات متقابل (R^2=۰/۰۶) و توان دوم (R^2=۰/۰۴) داشتند. نتایج بهینه سازی مدل‌های RSM برای دستیابی به بیشترین افزایش وزن (شکلA-۱، A-۲، A-۳) و کم‌ترین ضریب تبدیل غذایی (شکل A-۴، A-۵، A-۶) نشان داد که بیشترین افزایش وزن روزانه با جیره‌های حاوی ۰/۱۵ درصد تفاله‌ی چغندر قند (SBP)، صفر درصد پیه (T) و صفر درصد روغن سویا (SO) و کم‌ترین ضریب تبدیل غذایی با جیره‌های حاوی ۰/۰۷ درصد تفاله‌ی چغندر قند (SBP)، صفر درصد پیه (T) و ۰/۲۸ درصد روغن سویا (SO)، به دست آمد. مقدار پیش بینی شده‌ی افزایش وزن روزانه در نقطه‌ی بهینه ۲۷/۵۴ گرم به ازای هر پرنده و برای ضریب تبدیل ۰/۹۶ بود. مشخص شد که مقادیر پیشنهاد شده‌ی روغن سویا برای حداقل کردن ضریب تبدیل غذایی به‌طور نسبی بالاتر از احتیاجات آن برای حداکثر کردن افزایش وزن می‌باشد.



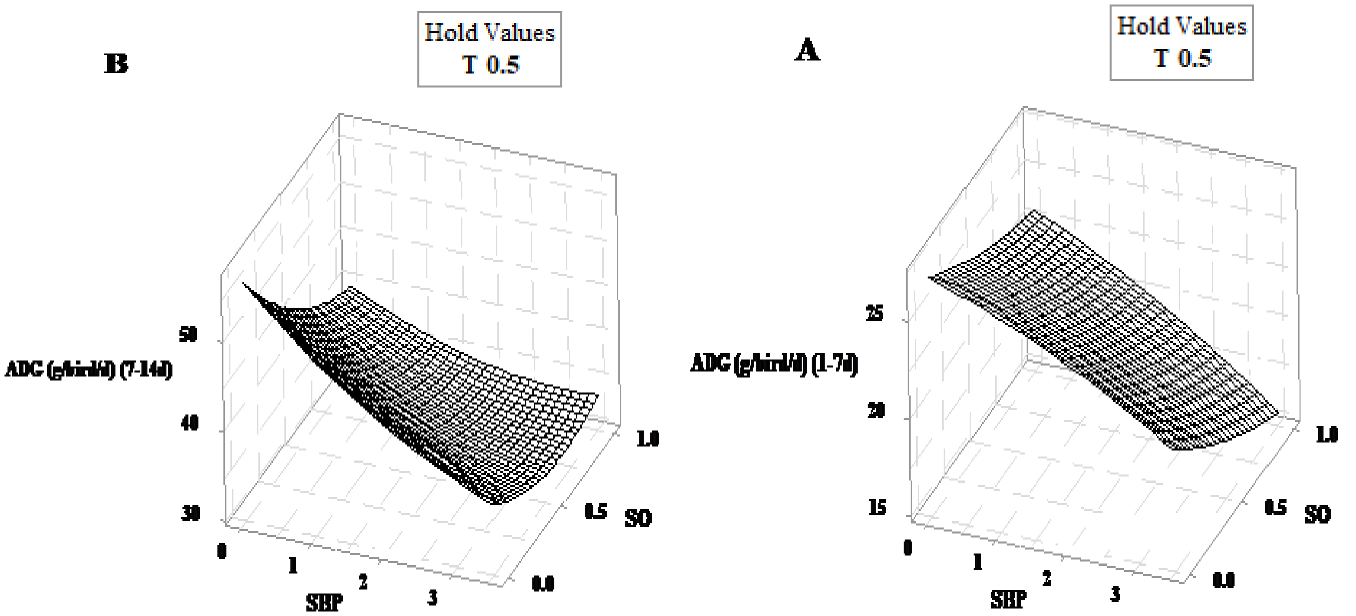
شکل ۱– نمودار پاسخ سطح اثرات پیه (Tallow) و تفاله چغندر قند (SBP) بر میانگین افزایش وزن روزانه (ADG) در سن ۷-۱ روزگی (A) و سن ۱۴-۷ (B)، زمانی که روغن سویا (SO) در سطح میانی خود (۰/۵ درصد) قرار دارد.

Figure 1- Surface response plot of effects of tallow (T) and sugar beet pulp (SBP) on average daily body weight gain (ADG) at 1-7 (A) and 7-14 d (B) of age, when soybean oil (SO) is at its middle level (0.5%).



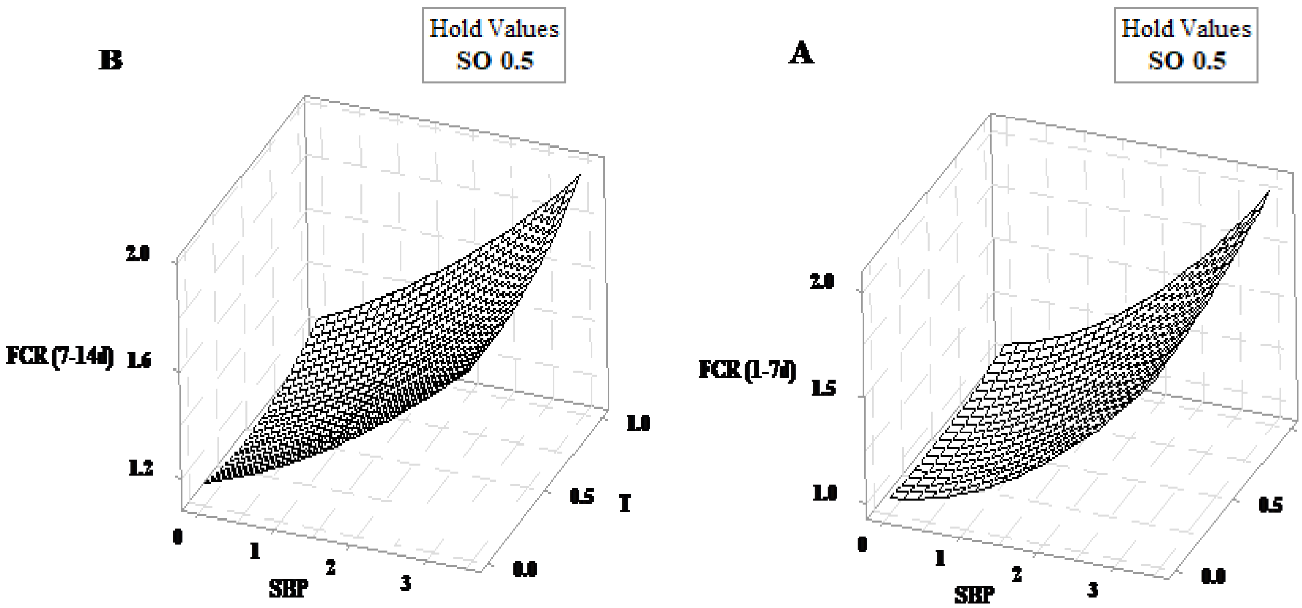
شکل ۲- نمودار پاسخ سطح اثرات پیه (Tallow) و روغن سویا (SO) بر میانگین افزایش وزن روزانه (ADG) در سن ۷-۱ روزگی (A) و سن ۱۴-۷ (B)، زمانی که تفاله چغندر قند (SBP) در سطح میانی خود (۱/۷۵ درصد) قرار دارد.

Figure 2- Surface plot of effects of tallow (T) and soybean oil (SO) on average daily body weight gain (ADG) at 1-7 (A) and 7-14 d (B) of age, when sugar beet pulp (SBP) is at its middle level (1.75%).



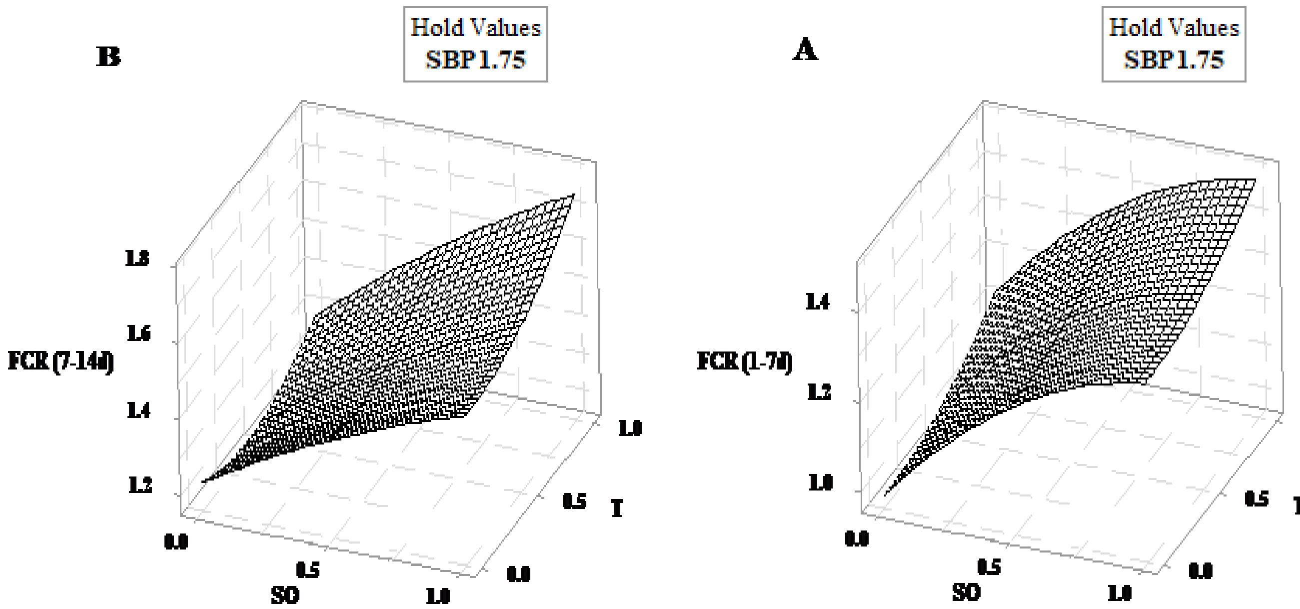
شکل ۳- نمودار پاسخ سطح اثرات روغن سویا (SO) و تفاله چغندر قند (SBP) بر میانگین افزایش وزن روزانه (ADG) در سن ۷-۱ روزگی (**A**) و سن ۱۴-۷ (**B**)، زمانی که پیه (Tallow) در سطح میانی خود (۰/۵ درصد) قرار دارد.

Figure 3- Surface plot of effects of soybean oil (SO) and sugar beet pulp (SBP) on average daily body weight gain (ADG) at 1-7 (**A**) and 7-14 d (**B**) of age, when tallow (T) is at its middle level (0.5%).



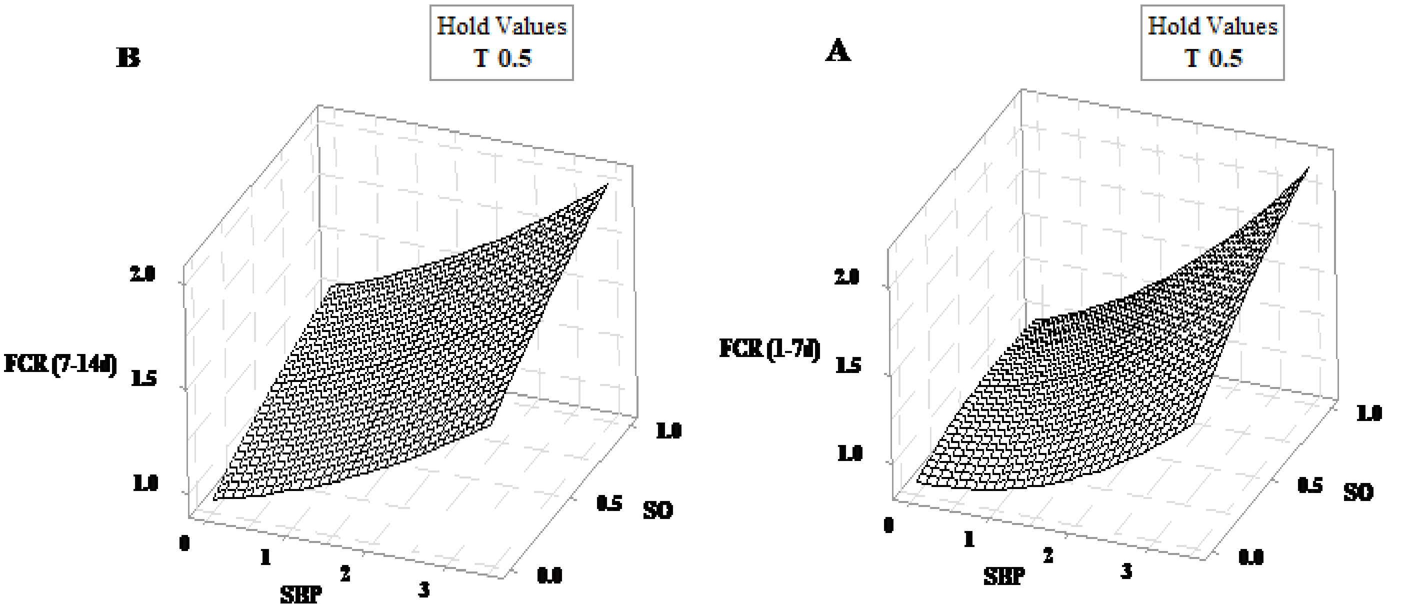
شکل ٤- نمودار پاسخ سطح اثرات پیه (Tallow) و تفاله چغندر قند (SBP) بر ضریب تبدیل خوراک (FCR) در سن ۷-۱ روزگی (A) و سن ۱۴-۷ (B)، زمانی که روغن سویا (SO) در سطح میانی خود (۰/۵ درصد) قرار دارد.

Figure 4- Surface plot of effects of tallow (T) and sugar beet pulp (SBP) on feed conversion ratio (FCR) at 1-7 (A) and 7-14 d (B) of age, when soybean oil (SO) is at its middle level (0.5%).



شکل ۵- نمودار پاسخ سطح اثرات پیه (Tallow) و روغن سویا (SO) بر ضریب تبدیل خوراک (FCR) در سن ۷-۱ روزگی (A) و سن ۱۴-۷ (B)، زمانی که تفاله چغندر قند (SBP) در سطح میانی خود (۱/۷۵ درصد) قرار دارد.

Figure 5- Surface plot of effects of tallow (T) and soybean oil (SO) on feed conversion ratio (FCR) at 1-7 (A) and 7-14 d (B) of age, when sugar beet pulp (SBP) is at its middle level (1.75%).



شکل ٦- نمودار پاسخ سطح اثرات روغن سویا (SO) و تفاله چغندر قند (SBP) بر ضریب تبدیل خوراک (FCR) در سن ۷-۱ روزگی (A) و سن ۱۴-۷ (B)، زمانی که پیه (Tallow) در سطح میانی خود (۰/۵ درصد) قرار دارد.

Figure 6- Surface plot of effects of soybean oil (SO) and sugar beet pulp (SBP) on feed conversion ratio (FCR) at 1-7 (A) and 7-14 d (B) of age, when tallow (T) is at its middle level (0.5%).

ضرایب رگرسیونی تخمین زده شده به همراه مقادیر t محاسبه شده و مقادیر P در جدول ۶ نشان داده شده است. از مقدار P در سطح ۰/۰۵ برای بررسی معنی‌دار بودن ضرایب رگرسیونی استفاده شد. قدر مطلق مقدار t محاسبه شده (|t-value|) نشان می‌دهد که هر کدام از اجزای مدل تا چه اندازه در برازش نهایی مدل نقش دارند. مطابق جدول ۶ از میان تمام مواد خوراکی مورد مطالعه، اثر خطی تفاله‌ی چغندر قندر بیشترین اثر را بر میانگین افزایش وزن روزانه‌ی جوجه‌ها داشت (۱۱/۲۷= |t-value|) و پس از آن اثر خطی پیه (۷/۸۸= |t-value|) قرار داشت. در رابطه با صفت ضریب تبدیل غذایی نیز بیشترین اثر، متعلق به اثر خطی تفاله‌ی چغندر قندر (۱۶/۸۴= |t-value|) و پس از آن اثر خطی پیه (۶/۸۹= |t-value|)، اثر متقابل تفاله‌ی چغندر قند و پیه (۴/۵۶= |t-value|)، اثر توان دوم تفاله‌ی چغندر قند (۳/۳۳= |t-value|) و اثر خطی روغن سویا (۲/۴۸= |t-value|) قرار داشتند. معنی‌دار نبودن مقادیر عدم برازش برای هردو مدل نشان می‌دهد که داده‌های مشاهده شده در توافق خوبی با مدل خود هستند (جدول ۷).

میانگین افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی جوجه‌ها در سن ۷ تا ۱۴ روزگی

مدل چند جمله‌ای برازش داده شده بر داده‌های آزمایشی برای میانگین افزایش وزن روزانه‌ی جوجه‌ها (R^2 =۰/۷۸، ۳/۶۰= ریشه‌ی میانگین مربعات خطا) و ضریب تبدیل غذایی (R^2 =۰/۸۰، ۰/۱۴= ریشه‌ی میانگین مربعات خطا) به صورت زیر است:

(۳) میانگین افزایش وزن روزانه (گرم/پرنده)= ۵۲/۵۰ – ۷/۸۱ × SBP – ۲۶/۰۱ × T + ۱۴/۳۷ × SO + ۰/۶۶ × SBP × SBP + ۱۱/۲۲ × T × T – ۱۴/۱۷ × SO × SO + ۳/۵۸ × SBP × T + ۰/۲۷ × SBP × SO – ۳/۴۶ × T × SO

(۴) ضریب تبدیل غذایی= ۱/۰۱ + ۰/۰۷ × SBP + ۰/۳۵ × T – ۰/۲۶ × SO + ۰/۰۲ × SBP × SBP – ۰/۱۰ × T × T + ۰/۲۶ × SO × SO + ۰/۰۳ × SBP × T + ۰/۰۳ × SBP × SO + ۰/۱۴ × T × SO

در صفت میانگین افزایش وزن روزانه (معادله ۳)، پارامترهای برآورد شده برای اجزای SBP، T، T×T، SO×SO و SBP×T و در صفت ضریب تبدیل غذایی (معادله ۴)، پارامترهای برآورد شده برای اجزای SBP، T و SO در سطح ۵ درصد ($P<0.05$) معنی‌دار بودند (جدول ۸). بررسی نکوئی برازش بر اساس مقدار R^2 نشان داد که تقریبا ۸۰ درصد از واریانس موجود در هر دو مدل افزایش وزن روزانه و مدل ضریب تبدیل غذایی توسط متغیرهای ورودی و مدل چند جمله‌ای توجیه شده است. میزان مشارکت انواع اثرات خطی، توان دوم و متقابل به متغیرهای ورودی در برازش نهایی مدل (بر اساس R^2 کل) در جدول ۹ نشان داده شده است. در صفت افزایش وزن روزانه، بیشترین مشارکت را اجزای خطی (R^2=۰/۶۴) و پس از آن اجزای متقابل (R^2=۰/۰۹) و توان دوم (R^2=۰/۰۶) داشتند.

جدول٤- ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی (محاسبه شده و تعیین شده ٪).

Table 4- Chemical composition of the experimental diets (Calculated and determined analysis %).

ترکیبات شیمیایی محاسبه شده (٪) Calculated analysis (%)	تیمارها Treatments														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری/کیلوگرم) AME (kcal/kg)	2860	2860	2860	2860	2860	2860	2860	2860	2860	2860	2860	2860	2860	2860	2860
پروتئین خام Crud protein	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
عصاره اتری Ether extract	3.07	2.59	3.54	3.49	3.46	3.11	2.56	3.05	2.62	3.03	2.67	3.51	3.57	2.65	3.08
فیبر خام Crud fiber	3.53	3.78	3.28	3.77	3.26	3.54	3.28	3.28	3.54	3.53	3.80	3.52	3.79	3.30	3.78
فیبر نامحلول Insoluble fiber	8.83	9.73	7.93	9.62	7.82	8.88	7.94	7.94	8.89	8.78	9.82	8.76	9.71	8.06	9.72
فیبر محلول Soluble fiber	1.90	2.07	1.73	2.06	1.71	1.91	1.73	1.73	1.91	1.90	2.08	1.89	2.07	1.74	2.07
فیبر نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	3.32	3.71	2.94	3.69	2.91	3.34	2.94	2.94	3.34	3.31	3.73	3.31	3.71	2.96	3.71
فیبر نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	8.55	9.18	7.93	8.96	7.74	8.64	7.97	7.95	8.67	8.47	9.35	8.43	9.13	8.17	9.16
لیزین Lys	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33
متیونین Met	0.66	0.65	0.66	0.66	0.66	0.65	0.65	0.66	0.65	0.66	0.65	0.66	0.66	0.65	0.66
متیونین + سیستین Met + Cys	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ترئونین Thr	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
تریپتوفان Trp	0.25	0.25	0.25	0.25	0.26	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
کلسیم Ca	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
فسفر قابل دسترس Available P	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
سدیم Sodium	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
کلر Chlorine	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
ترکیبات شیمیایی تعیین شده (٪) Determined analysis (%)															
فیبر خام Crud fiber	3.48	3.82	3.25	3.80	3.24	3.51	3.23	3.25	3.61	3.59	3.82	3.50	3.81	3.28	3.74
فیبر نامحلول Insoluble fiber	8.86	9.70	7.88	9.65	7.86	8.83	7.90	7.91	8.93	8.81	9.75	8.73	9.70	8.00	9.83
فیبر محلول Soluble fiber	1.93	2.14	1.66	2.14	1.72	1.70	1.76	1.74	1.95	1.93	2.11	1.80	2.12	1.70	2.15
فیبر نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	3.37	3.66	3.05	3.73	2.87	3.30	2.98	2.95	3.43	3.34	3.77	3.32	3.71	3.00	3.76
فیبر نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	8.59	9.21	7.90	9.07	7.70	8.52	8.00	7.97	8.60	8.49	9.30	8.50	9.15	8.20	9.24

جدول ۵- آنالیز اسیدهای چرب عمده در روغن سویا و پیه‌گاوی (درصد).

Table 5- Analysis of main fatty acids in soybean oil and tallow (%).

اسیدهای چرب ٪ Fatty Acids(%)	پیه‌گاوی Tallow (T)	روغن‌سویا Soybean oil (SO)
اسید استئاریک ($C_{۱۸}$:۰) Stearic acid (C_{18}:0)	29.29	3.79
اسید پالمیتیک (C۱۶ :۰) Palmitic acid (C_{16}:0)	27.34	11.54
اسید لوریک ($C_{۱۴}$:۰) Lauric acid (C_{14}:0)	3.04	0.5
اسید اولئیک ($C_{۱۸}$:۱) Oleic acid (C_{18}:1)	28.51	23.51
اسید لینولئیک ($C_{۱۸}$:۲) Linoleic acid (C_{18}:2)	3.81	52.78
اسید لینولنیک ($C_{۱۸}$:۳) Linolenic acid (C_{18}:3)	0.51	6.95
نسبت اسید چرب‌های اشباع به غیر اشباع SFA:UFA	60:33	16:84

جدول ٦- پارامترهای تخمین شده در مدل‌های چندجمله‌ای توان دوم به روش رویه‌ی پاسخ برای خروجی میانگین افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی جوجه‌های گوشتی از سن ۱ تا ۷ روزگی.

Table 6- Estimated parameters of response surface model for ADG and FCR of broiler chicks from 1 to 7 d of age.

	مدل میانگین افزایش وزن روزانه ADG model					مدل ضریب تبدیل غذایی FCR model				
اجزای مدل چند جمله‌ای توان دوم Quadratic model term[1]	پارامترتخمینی بر اساس داده‌های خام Estimated parameter from raw data	خطای استاندارد SE	*t- value*	*P-value*[2]	پارامتر تخمینی براساس داده‌های کدشده Estimated parameter from coded data	پارامترتخمینی بر اساس داده‌های خام Estimated parameter from raw data	خطای استاندارد SE	*t-value*	*P-value*	پارامتر تخمینی براساس داده‌های کدشده Estimated parameter from coded data
عرض از مبدا Intercept	27.54	0.32	65.93	<0.0001	21.65	0.87	0.02	43.82	<0.0001	1.26
SBP	-1.07	0.30	-11.27	<0.0001	-3.40	-0.03	0.02	16.84	<0.0001	0.44
T	-5.57	0.30	-7.88	<0.0001	-2.38	0.38	0.02	6.89	<0.0001	0.18
SO	-1.99	0.30	-1.10	0.27	-0.33	-0.08	0.02	2.48	0.01	0.06
SBP×SBP	-0.17	0.57	-0.95	0.34	-0.54	0.05	0.05	3.33	<0. 01	0.16
T×T	1.95	0.57	0.84	0.40	0.48	-0.29	0.05	-1.43	0.15	-0.07
SO×SO	1.77	0.57	0.77	0.44	0.44	0.13	0.05	0.68	0.49	0.03
SBP×T	-0.45	0.33	-1.17	0.24	-0.39	0.15	0.02	4.56	<0.0001	0.13
SBP×SO	-0.05	0.33	-0.14	0.88	-0.04	0.04	0.02	1.35	0.18	0.04
T×SO	-0.71	0.33	-0.52	0.60	-0.17	0.002	0.02	0.02	0.98	0.0005

[۱] تفاله چغندر قند (SBP)، پیه (T)، روغن سویا (SO).

[۲] معنی‌دار= P< ۰/۰۵

[1]sugar beet pulp (SBP), tallow (T) and soybean oil (SO).

[2] P<0.05= significant

جدول۷- آنالیز واریانس نتایج آزمایش به دست آمده از مدل‌های رویه‌ی پاسخ (اثرات خطی، توان دوم و متقابل) برای میانگین افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی جوجه-ها از سن ۱ تا ۷ روزگی.

Table 7- Analysis of variance on the experimental results along with contribution of each type of effect (linear, quadratic, and interaction) to the statistical fit in response surface model for ADG and FCR of broiler chicks from 1 to 7d of age.

منابع واریانس Source of variation	مدل میانگین افزایش وزن روزانه ADG model				مدل ضریب تبدیل غذایی FCR model		
	درجه آزادی df	مجموع مربعات Sum of squares	R^2 جزئی Partial R^2	*P-value*[1]	مجموع مربعات Sum of squares	R^2 جزئی Partial R^2	*P-value*
خطی Linear	3	521.44	0.77	<0.0001	7.17	0.78	<0.0001
توان دوم Quadratic	3	5.70	0.01	0.56	0.36	0.04	<0.01
اثرات متقابل Interaction	3	4.54	0.01	0.64	0.48	0.06	<0.0001
کل مدل (رگرسیون) Total model (regression)	9	521.69	0.79	<0.0001	8.01	0.88	<0.0001
عدم برازش Lack of fit	5	93.01		0.09	0.22		0.14
خطای خالص Pure error	45	43.91			0.83		
خطای کل Total error	50	136.92			1.06		

[۱] معنی‌دار= P< ۰/۰۵

[1] P<0.05= significant

در مورد صفت ضریب تبدیل غذایی، اجزای مربوط به اثرات خطی (R^2=۰/۷۵) مشارکت چشمگیری در توجیه عملکرد جوجه‌ها داشته و پس از آن به ترتیب اثرات توان دوم (R^2=۰/۰۳) و متقابل (R^2=۰/۰۳) نقش اندکی داشتند. نتایج بهینه‌سازی مدل‌های RSM برای دستیابی به بیشترین افزایش وزن (شکل B–۱، B–۲، B–۳) و کم‌ترین ضریب تبدیل غذایی (شکل B–۴، B–۵، B–۶) نشان داد که بیشترین افزایش وزن روزانه و کم‌ترین ضریب تبدیل غذایی با جیره-های حاوی ۰/۳ درصد تفاله‌ی چغندر قند (SBP)، صفر درصد پیه (T) و ۰/۵ درصد روغن سویا (SO)، به دست آمد. مقدار پیش بینی شده‌ی افزایش وزن روزانه در نقطه‌ی بهینه ۵۶/۶۵ گرم/پرنده و برای ضریب تبدیل ۰/۹۵ بود. ضرایب رگرسیونی تخمین زده شده به همراه مقادیر t محاسبه شده و مقادیر P در جدول ۸ نشان داده شده است. مطابق این جدول از میان تمام مواد خوراکی مورد مطالعه، اثر خطی تفاله‌ی چغندر قند بیشترین اثر را بر میانگین افزایش وزن روزانه‌ی جوجه‌ها داشت (|t-value|= ۷/۷۹) و پس از آن اثر متقابل تفاله‌ی چغندر قند و پیه (|t-value|= ۴/۲۶)، اثر توان دوم روغن سویا (|t-value|= ۲/۸۲) و اثر توان دوم پیه (|t-value|= ۲/۲۳) قرار داشت. در رابطه با صفت ضریب تبدیل غذایی نیز بیشترین اثر، متعلق به اثر خطی تفاله‌ی چغندر قند (|t-value|= ۱۱/۷۸) بود و پس از آن اثر خطی پیه (|t-value|= ۶/۷۹) و اثر خطی روغن سویا (|t-value|= ۲/۲۴)

قرار داشتند. معنی‌دار بودن مقادیر عدم برازش برای مدل افزایش وزن روزانه در جدول ۹ نشان داد که به روش‌های مدل‌سازی پیچیده‌تر و یا متغیرهای آزمایشی بیشتری برای رسیدن به نتایج دقیق‌تر نیاز است.

تحقیقات اخیر با جوجه‌های گوشتی (Jiménez-Moreno *et al.*, 2013)، نیمچه‌های تخم‌گذار (Guzmán *et al.*, 2015) و بوقلمون (Roma *et al.*, 1999) نشان داده است که استفاده از مقادیر متوسط منابع فیبری در جیره برای توسعه و عملکرد مطلوب دستگاه گوارش سودمند بوده و باعث بهبود قابلیت هضم مواد مغذی و عملکرد تولیدی پرندگان می‌شود. ساریخان و همکاران (Sarikhan *et al.*, 2010)، اثرات افزودن منابع فیبر نامحلول به جیره را بر عملکرد جوجه‌های گوشتی نر بررسی کرده و بیان کردند که در سن ۲۲ تا ۴۲ روزگی دوره‌ی پرورش، تفاوت معنی‌داری بین افزایش وزن تیمارهای حاوی سطوح مختلف فیبر نامحلول و گروه شاهد وجود داشت و جوجه‌های گروه شاهد در طول دوره کم‌ترین افزایش وزن را نسبت به سایر گروه‌ها داشتند. رضایی و همکاران (Rezaei *et al.*, 2012)، عنوان کردند که بیشترین افزایش وزن روزانه، کم‌ترین خوراک مصرفی و ضریب تبدیل غذایی در گروه مصرف کننده‌ی ۵ گرم در کیلوگرم فیبر فرآوری شده مشاهده شد و گروه مصرف کننده‌ی ۵ گرم در کیلوگرم پوسته‌ی ذرت بیشترین خوراک مصرفی و بالاترین ضریب

تبدیل غذایی را داشتند. این محققان تأثیر مثبت ناشی از مصرف فیبر فرآوری شده بر عملکرد را به اثر مطلوب این ماده در بهبود ریخت شناسی روده‌ی کوچک نسبت دادند. جیمنز-مورنو و همکاران (Jiménez-Moreno *et al*., 2005)، در بررسی اثر منابع مختلف فیبر و چربی جیره بر عملکرد تولیدی جوجه‌های گوشتی اظهار کردند که افزودن فیبر باعث بهبود افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک شد و مقدار ابقای کل مواد مغذی اندازه‌گیری شده را افزایش داد. افزایش ابقای نیتروژن، عصاره‌ی اتری و انرژی قابل متابولیسم ظاهری برای جوجه‌های مصرف کننده‌ی پوسته‌ی یولاف در مقایسه با تفاله‌ی چغندر قند محسوس‌تر بود. این محققان چنین نتیجه گرفتند که افزودن مقدار متوسط فیبر به جیره‌ی جوجه‌های گوشتی می‌تواند باعث بهبود عملکرد و قابلیت هضم مواد مغذی شود. نتایج آدمولا و همکاران (Ademola *et al*., 2013) نشان داد که افزودن مکمل ماکسی گرین[1] به جیره‌ی دارای سبوس برنج و سبوس ذرت ضریب تبدیل خوراک را به‌طور چشم‌گیری در جوجه‌ها بهبود بخشید. جوجه-های تغذیه شده با سبوس برنج همراه با مکمل ماکسی گرین، وزن زنده، ضریب تبدیل خوراک و مقاومت بیشتری در مقابل استرس گرمایی داشتند.

عوامل زیادی در پاسخ گونه‌های طیور به گنجاندن فیبر در جیره وجود دارد. بعضی از این عوامل همانند سن و گونه، مربوط به خود پرنده است؛ برخی نیز همانند وزن حجمی مواد غذایی حاوی فیبر و شکل خوراک به اجزای ترکیبات و ارزش غذایی جیره بستگی دارد. برخی دیگر نیز همانند میزان فیبر محلول و نامحلول، محتوای لیگنین و اندازه‌ی ذرات و سطح استفاده شده‌ی فیبر به نوع فیبر استفاده شده در جیره وابسته است (Mateos *et al*., 2012). البته عوامل دیگری مانند مدیریت پرندگان و شرایط محیطی در طول دوره‌ی پرورش، چالش بیماری‌ها و وضعیت سلامتی نیز می‌تواند در پاسخ پرندگان به افزودن فیبر به جیره موثر باشند. بنابراین پیش‌بینی کردن پاسخ دقیق پرنده به افزودن فیبر به جیره و توصیه‌ی مقدار مناسب فیبر مورد استفاده در جیره‌ی طیور آسان نیست (Mateos *et al*., 2012). مطالعه‌ی حاضر نشان داد که در سن ۷ روزگی، بیشترین میانگین افزایش وزن روزانه در سطح ۰/۱۵ درصد تفاله‌ی چغندر قند و صفر درصد روغن سویا و پیه و در ۱۴ روزگی، بیشترین میانگین افزایش وزن روزانه، در سطح ۰/۳ درصد تفاله‌ی چغندر، صفر درصد پیه و ۰/۵ درصد روغن سویا، رخ می‌دهد. این امر نشان می‌دهد که با افزایش سن پرنده به دلیل توسعه و تکامل دستگاه گوارش، توانایی پرنده در استفاده از تفاله‌ی چغندر قند و روغن سویا افزایش می‌یابد. از طرفی وجود مقادیر نسبتا بالای فیبر نامحلول در مواد خوراکی مانند ذرت و سویا نیز احتمالا می‌تواند اثرات منفی منابع فیبرهای محلول مانند تفاله‌ی چغندر قند را تعدیل کند (Saki *et al*., 2011).

برخی از محققان تفاوت معنی‌داری را در وزن بدن جوجه‌های تغذیه شده با منابع مختلف چربی جیره مشاهده نکردند (Azman *et al*., 2005). ویورس و همکاران (Viveros *et al*., 2009) گزارش کردند که ضریب تبدیل خوراک و افزایش وزن بدن تحت تأثیر منابع مختلف چربی (اشباع و غیر اشباع) قرار نگرفت. در مقابل، ویلاورد و همکاران (Villaverde *et al*., 2004) بیان کردند که ضریب تبدیل خوراک در اثر مصرف جیره‌های حاوی منابع اسیدهای چرب غیراشباع در طیور بهبود می‌یابد. در پرندگان جوان به علت محدودیت در ترشح صفرا و آنزیم لیپاز، هضم تری‌گلیسیریدها کمتر است؛ در حالی که با افزایش سن و افزایش ترشح صفرا و آنزیم‌های هضم کننده‌ی چربی، توانایی پرنده برای هضم چربی‌ها افزایش می‌یابد (Freitas *et al*., 2005). روغن‌های غیراشباع دارای قابلیت هضم بالاتر و انرژی قابل سوخت و ساز بیشتری نسبت به چربی‌ها می‌باشند که باعث بهبود صفات عملکردی جوجه‌های گوشتی می‌شوند (Zulkifli *et al*., 2007). به نظر می‌رسد دلیل عملکرد بهتر در دوره‌ی اولیه‌ی پرورش ناشی از هضم و جذب بهتر چربی‌های غنی از اسیدهای چرب غیر اشباع توسط جوجه‌های جوان نسبت به چربی‌های اشباع باشد، که احتمالاً به دلیل ظرفیت محدود برای تولید صفرا در سنین پایین‌تر است که سبب کاهش هضم اسیدهای چرب اشباع می‌شود (Chen and Chiang, 2005). در آزمایش حاضر نیز با افزایش سن پرنده از ۷ تا ۱۴ روزگی، توانایی پرندگان در استفاده از چربی به ویژه روغن سویا افزایش یافت؛ به طوری که در سن ۱۴ روزگی بیشترین افزایش وزن روزانه در سطح ۰/۵ درصد روغن سویا مشاهده شد. فاریا فیلهو و همکاران (Faria Filho *et al*., 2008) گزارش کردند که با استفاده از مدل رویه‌ی پاسخ، سطوح بهینه‌ی پروتئین برای افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک به ترتیب ۲۰/۵ و ۲۱/۳ درصد به دست آمد. آن‌ها همچنین نتیجه گرفتند که مدل‌های رویه‌ی پاسخ در پیش‌بینی افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک در جوجه‌های گوشتی کارآمد هستند. احمدی و گلیان (Ahmadi and Golian, 2011) در بررسی مدل‌های رویه‌ی پاسخ و شبکه‌ی عصبی مصنوعی برای عملکرد جوجه‌های گوشتی بیان کردند که مدل‌های شبکه‌ی عصبی مصنوعی برای دو صفت افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک دارای پیش بینی‌های دقیق‌تر و صحیح‌تری بودند. عنوان شده است که استفاده از طرح باکس بنکن[2] و مدل‌های رویه‌ی پاسخ، علاوه بر توصیف رابطه-ی متغیرها، به کاهش تعداد آزمایشات و در نتیجه هزینه‌ها کمک می-کند (Ghenaatparast-Rashti *et al*., 2018).

1- Maxigrain®

2- Box–Behnken

جدول۸- پارامترهای تخمین زده شده در مدل‌های چندجمله‌ای توان دوم به روش رویه‌ی پاسخ برای خروجی میانگین افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی جوجه‌های گوشتی از سن ۷ تا ۱۴ روزگی.

Table 8- Estimated parameters of response surface model for ADG and FCR of broiler chicks from 7 to 14 d of age.

اجزای مدل چند جمله‌ای توان دوم Quadratic model term[1]	مدل میانگین افزایش وزن روزانه ADG model					مدل ضریب تبدیل غذایی FCR model				
	پارامترتخمین زده شده بر اساس داده‌های خام Estimated parameter from raw data	خطای استاندارد SE	*t-value*	*P-value*[2]	پارامتر تخمین زده شده براساس داده‌های کدشده Estimated parameter from coded data	پارامترتخمین زده شده بر اساس داده‌های خام Estimated parameter from raw data	خطای استاندارد SE	*t-value*	*P-value*	پارامتر تخمین زده شده براساس داده‌های کدشده Estimated parameter from coded data
عرض از مبدا Intercept	52.20	0.71	51.45	<0.0001	36.81	1.01	0.03	44.84	<0.0001	1.40
SBP	-7.81	0.65	-9.48	<0.0001	-6.23	0.07	0.02	11.78	<0.0001	0.33
T	-26.01	0.65	-7.79	<0.0001	-5.13	0.35	0.02	6.79	<0.0001	0.19
SO	14.37	0.65	-0.80	0.42	-0.52	-0.26	0.02	2.24	0.02	0.06
SBP×SBP	0.66	1.26	1.62	0.11	2.03	0.02	0.05	1.29	0.20	0.07
T×T	11.22	1.26	2.23	0.03	2.80	-0.10	0.05	-0.48	0.63	-0.02
SO×SO	-14.17	1.26	-2.82	<0.01	-3.54	0.26	0.05	1.20	0.23	0.06
SBP×T	3.58	0.73	4.26	<0.0001	3.13	0.03	0.03	1.05	0.29	0.03
SBP×SO	0.27	0.73	0.32	0.75	0.23	0.03	0.03	0.86	0.39	0.02
T×SO	-3.46	0.73	-1.18	0.24	-0.86	0.14	0.03	1.15	0.25	0.03

[۱] تفاله چغندر قند (SBP)، پیه (T)، روغن سویا (SO).
[۲] معنی‌دار= P< ۰/۰۵

[1]sugar beet pulp (SBP), tallow (T) and soybean oil (SO).
[2] *P*<0.05= significant

جدول ۹- آنالیز واریانس نتایج آزمایش به دست آمده از مدل‌های رویه‌ی پاسخ (اثرات خطی، توان دوم و متقابل) برای میانگین افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی جوجه‌ها از سن ۷ تا ۱۴ روزگی.

Table 9- Analysis of variance on the experimental results along with contribution of each type of effect (linear, quadratic, and interaction) to the statistical fit in response surface model for ADG and FCR of broiler chicks from 7 to 14d of age.

منابع واریانس Source of variation	مدل میانگین افزایش وزن روزانه ADG model				مدل ضریب تبدیل غذایی FCR model		
	درجه آزادی df	مجموع مربعات Sum of squares	جزئی R^2 Partial R^2	*P-value*[1]	مجموع مربعات Sum of squares	جزئی R^2 Partial R^2	*P-value*
خطی Linear	3	1965.03	0.64	<0.0001	4.71	0.75	<0.0001
توان دوم Quadratic	3	162.21	0.06	0.01	0.16	0.03	0.09
اثرات متقابل Interaction	3	254.87	0.09	<0.01	0.07	0.02	0.37
کل مدل (رگرسیون) Total model (regression)	9	2382.10	0.78	<0.0001	4.96	0.80	<0.0001
عدم برازش Lack of fit	5	355.33		<0.0001	0.09		0.02
خطای خالص Pure error	45	294.45			1.14		
خطای کل Total error	50	649.78			1.24		

[۱] معنی‌دار= P< ۰/۰۵

[1] *P*<0.05= significant

نتیجه گیری کلی

در سن ۷-۱ روزگی، دستیابی به بیشترین افزایش وزن و کم‌ترین ضریب تبدیل غذایی به ترتیب با جیره‌های حاوی ۰/۱۵ درصد تفاله‌ی چغندر قند، صفر درصد پیه و صفر درصد روغن سویا و جیره‌های حاوی ۰/۰۷ درصد تفاله‌ی چغندر قند، صفر درصد پیه و ۰/۲۸ درصد روغن سویا، میسر بود. در سن ۱۴-۷ روزگی، بیشترین افزایش وزن روزانه و کم‌ترین ضریب تبدیل غذایی جوجه‌ها با جیره‌های حاوی ۰/۳ درصد تفاله‌ی چغندر قند، صفر درصد پیه و ۰/۵ درصد روغن سویا، به دست آمد. بنابراین نتایج این آزمایش نشان داد که با افزایش سن پرنده و احتمالا با تکامل دستگاه گوارش آن، اثرات منفی فیبرهای محلول تا حدی کاهش یافته و پرنده تا اندازه‌ای قادر به استفاده‌ی بهتر از منابع چربی خواهد بود. طرح مرکب مرکزی و مدل رویه‌ی پاسخ، می‌توانند برای توصیف رابطه‌ی سطوح مختلف تفاله‌ی چغندر قند، پیه گاوی و روغن سویا استفاده شوند.

Refrences

1. Ademola, S. G., M. D. Shittu, M. O. Ayansola, T. E. Lawal, and G. O. Tona. 2013. Effect of maxigrain supplement on growth performance, economic indices and haematological parameters of heat-stress broilers fed three dietary fiber sources. Online Journal of Animal and Feed Research, 4: 159-164. Corpus ID: 111236961.
2. Ahmadi, H., and A. Golian. 2011. Response surface and neural network models for performance of broiler chicks fed diets varying in digestible protein and critical amino acids from 11 to 17 days of age. Poultry Science, 90: 2085-2096. 10.3382/ps.2011-01367
3. Arosemena, A., E. J. DePeters, and J. G. Fadel. 1995. Extent of variability in nutrient composition within selected by-product feedstuffs. Animal Feed Science and Technology, 54: 103-120. 10.1016/0377-8401(95)00766-G
4. Aslan, N. 2007. Application of response surface methodology and central composite rotatable design for modeling the influence of some operating variables of a multi-gravity separator for chromite concentration. Powder Technology, 86: 769-776. 10.1016/j.powtec.2007.10.002
5. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2005. Official Methods of Analysis, 18th edition. AOAC. USA.
6. Azman, M. A., I. H. Cerci, and N. Birben. 2005. Effect of various dietary fat sources on performance and body fatty acid composition of broiler chickens. Turkish Journal of Veterinary and Animal Science, 29: 811-819.
7. Bartov, I. 1988. Fats in poultry nutrition. Poultry International, 27: 70-72.
8. Box, G. E. P., W. G. Hunter, and J. S. Hunter. 1987. Statistics for Experimenters: An Introduction to Design, Data Analysis and Model Building. Wiley, NY.
9. Chen, H. Y., and S. H. Chiang. 2005. Effect of dietary polyunsaturated/saturated fatty acid ratio on heat production and growth performance of chicks under different ambient temperature. Animal Feed Science and Technology, 120: 299-308. 10.1016/j.anifeedsci.2004.11.010
10. Endy, M. J., G. L. Compbell, and H. L. Classen. 1989. The effect of beta glucanase supplementation on nutrient digestibility and growth in broiler given diets containing barley, oats, grouts or wheat. Animal Feed Science and Technology, 25: 193-200. 10.1016/0377-8401(89)90119-3
11. Faria Filho, D. E., P. S. Rosa, K. A. A. Torres, M. Macari, and R. L. Furlan. 2008. Response surface models to predict broiler performance and applications for economic analysis. Brazilian Journal of Poultry Science, 10: 131-138. 10.1590/S1516-635X2008000200009
12. Freitas, E. R., N. K. Sakomura, R. Neme, and A. L. dos. Santos. 2005. Energetic value of soybean acid oil in poultry nutrition. Brazilian Journal of Poultry Science, 40: 3-8.
13. Ghanaatparast-Rashti, M., M. Mottaghitalab, and H. Ahmadi. 2018. *In ovo* feeding of nutrients and its impact on post-hatching water and feed deprivation up to 48 hr, energy status and jejunal morphology of chicks using response surface models. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 102: 806-817. 10.1111/jpn.12838
14. Guzmán, P., B. Saldana, H. A. Mandalawi, A. Pérez-Bonilla, R. Lázaro, and G. G. Mateos. 2015. Productive performance of brown-egg laying pullets from hatching to 5 weeks of age as affected by fiber inclusion, feed form, and energy concentration of the diet. Poultry Science, 94: 249–261. 10.3382/ps/peu072
15. Hanrahan, G., and K. Lu. 2006. Application of factorial and response surface methodology in modern experimental design and optimization. Critical Reviews in Analytical Chemistry, 36: 141-151. 10.1080/10408340600969478
16. Hosseini-Vashan, S. J., A. Golian, A. Yaghoubfar, A. Raji, and H. Nassiri Moghaddam. 2014. Evaluation of the effects of tomato pomace, herbal oil sources and tallow on blood lipids, plasma enzyme activity and antioxidant system of heat stressed broiler chickens. Iranian Journal of Animal Science, 98: 64-75. (In Persian). 10.22092/asj.2014.100203
17. Jiménez-Moreno, E., J. M. González-Alvarado, A. González-Serrano, R. Lázaro and G. G. Mateos. 2009. Effect

of dietary fiber and fat on performance and digestive traits of broilers from one to twenty-one days of age. Poultry Science, 88: 2562-2574. 10.3382/ps.2009-00179
18. Jiménez-Moreno, E., M. Frikha, A. de Coca-Sinova, J. Garcıa, and G. G. Mateos. 2013. Oat hulls and sugar beet pulp in diets for broilers 1. Effects on growth performance and nutrient digestibility. Animal Feed Science and Technology, 182: 33–43. 10.1016/j.anifeedsci.2013.03.011
19. Jozefiak, D., A. B. B. Jensen, and R. M. Enberg. 2006. The effect of beta-glucanase supplementation of barley- and oat-based diets on growth performance and fermentation in broiler chicken gastrointestinal tract. British Poultry Science, 47: 57-64. 10.1080/00071660500475145
20. Kongo-Dia-Moukala, J. U., H. Zhang, and P. Claver Irakoze. 2011. *In vitro* binding capacity of bile acids by defatted corn protein hydrolysate. International Journal of Molecular Sciences, 12: 1066-1080. 10.3390/ijms12021066
21. Mateos, G. G., R. Lázaro, and M. Gracia. 2002. The feasibility of using nutritional modifications to replace drugs in poultry feeds. Journal of Applied Poultry Research, 11: 437-452. 10.1093/japr/11.4.437
22. Mateos, G. G., E. Jiménez-Moreno, M. P. Serrano, and R. P. Lázaro. 2012. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. Journal of Applied Poultry Research, 21: 156-174. 10.3382/japr.2011-00477
23. Mertens, D. R., M. Allen, J. Carmany, J. Clegg, A. Davidowicz, M. Drouches, K. Frank, D. Gambin, M. Garkie, B. Gildemeister, D. Jeffress, C. S. Jeon, D. Jones, D. Kaplan, G. N. Kim, S. Kobata, D. Main, X. Moua, B. Paul, J. Robertson, D. Taysom, N. J. Thiex, J. Williams, and M. Wolf. 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. Journal of AOAC International, 85: 1217-1240. PMID: 12477183
24. Mossami, A. 2011. Effects of different inclusions of oat hulls on performance, carcass yield and gut development in broiler chickens. Institutionen for husdjurens Examensarbete 330 utfodring och vard 45 hp E-niva Swedish University of Agricultural Science Uppsala 2011 Department of Animal Nutrition and Management.
25. Myers, R. H., and D. C. Montgomery. 2009. Response Surface Methodology: process and product optimization using designed experiments (3rd ed). John and sons publication, New York, USA, 19-39. ISBN: 978-1-118-91601-8
26. Nemati, Z., A. Taghizadeh, G. A. Moghaddam, A. Tahmasbi, and P. Yasan. 2006. The effect of xylanase enzyme and fat type on growth performance of broilers fed wheat-based diets. Journal of Agricultural Science, 16:229-238. (In Persian). 10.3389/fmicb.2021.757066
27. Rezaei, M., M. A. Karimi Torshizi, and Y. Rouzbehan. 2012. Effect of dietary fiber on intestinal morphology and performance of broiler chickens. Iranian Journal of Animal Science, 90: 52-60. (In Persian).
28. Roma, E., D. Adamidis, R. Nikolara, A. Constantopoulos, and J. Messaritakis. 1999. Diet and chronic constipation in children: the role of fiber. Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition, 28: 169-174. 10.1097/00005176-199902000-00015
29. Ross. 2014. Ross 308 Broiler Nutrition Specifications. (1st ed.). Ross Broiler Ltd., Scotland, UK. (pp. 6)
30. saki, A. A., H. R. Hematti Matin, P. Zamani, M. M. Tabatabai, and M. Vatanchian. 2011. Various ratios of pectin to cellulose affect intestinal morphology, DNA quantitation, and performance of broiler chickens. Livestock Science, 139: 237-244. 10.1016/j.livsci.2011.01.014
31. Sarikhan, M., H. Shahryar, B. Gholizadeh, M. Hosseinzadeh, B. Beheshti, and A. Mahmoodnejad. 2010. Effects of insoluble fiber on growth performance, carcass traits and ileum morphological parameters on broiler chick males. International Journal of Agriculture and Biology, 12: 531-536. Corpus ID: 83386526
32. Sklan, D., A. Smirnov, and I. Plavnik. 2003. The effect of dietary fibre on the small intestines and apparent digestion in the turkey. British Poultry Science, 44: 735-740. 10.1080/00071660310001643750
33. Villaverde, C., L. Cortinas, A. C. Barroeta, S. M. Martin-Orué, and M. D. Baucells. 2004. Relationship between dietary unsaturation and vitamin E in poultry. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 88: 143-149. 10.1111/j.1439-0396.2003.00471.x
34. Viveros, A., L. T. Ortiz, M. L. Rodriguez, A. Rebolé, C. Alzueta, I. Arija, C. Centeno, and A. Brenes. 2009. Interaction of dietary high-oleic-acid sunflower hulls and different fat. Poultry Science, 88: 141-151. 10.3382/ps.2008-00226
35. Voelker, J. A., and M. S. Allen. 2003. Pelleted beet pulp substituted for high moisture corn: 2. Effects on digestion and rumen digestion kinetics in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 86: 3553-3561. 10.3168/jds.S0022-0302(03)73960-5
36. Zulkifli, I., N. N. Htin, A. R. Alimon, T. C. Loh, and M. Hair-Bejo. 2007. Dietary selection of fat by heat-stressed broiler chickens. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 20: 245-251. http://www.ajas.info/journal/view.php?number=21508